

## Avaliação de tarefas com uso de tinta digital

Cleon X. Pereira Júnior<sup>1</sup>, Ana Paula L. Ambrósio<sup>1</sup>, Fouad Georges<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Goiânia GO -Brasil

<sup>2</sup>Universidade Salgado de Oliveira  
Goiânia GO -Brasil

{cleonxavier,apaula}@inf.ufg.br, fouadjg@gmail.com

**Abstract.** *Operating on several electronic devices, digital ink technology is target of extensive study and significant growth in recent years. This paper presents this technology as an aid in the capture and storage of paths followed by subjects while performing tasks that involve the use of electronic or digital pens, allowing a detailed analysis of the generated data to be used for evaluation purposes. To corroborate this hypothesis, two applications based on psychological tests were developed. The first application describes a Computational Thinking test, based on spatial reasoning, and the second describes the Rey-Osterrieth Complex Figure Test.*

**Resumo.** *Presente em vários dispositivos eletrônicos, a tecnologia de tinta digital é alvo de estudo aprofundado e tem tido um grande crescimento nos últimos anos. Este artigo apresenta esta tecnologia como auxiliar na captura e armazenamento de caminhos percorridos pelo sujeito na realização de uma tarefa que envolve o uso de uma caneta digital ou eletrônica, permitindo uma análise detalhada dos dados gerados para serem utilizados para fins de avaliação. Para corroborar esta hipótese, duas aplicações baseadas em testes psicológicos foram desenvolvidas. A primeira aplicação descreve um teste do Pensamento Computacional, baseado no raciocínio espacial da inteligência, e a segunda descreve o teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth.*

### 1. Introdução

Avanços na computação podem contribuir de maneira significativa para o desenvolvimento de novas formas de avaliação e até mesmo alterar cenários comuns, mudando a forma de interação do sujeito durante a avaliação. O que antes era feito com lápis e papel pode facilmente ser integrado em sistemas de computadores que hoje já possuem telas sensíveis ao toque. Com esta integração, utilizando tecnologia digital, uma informação, considerada perdida em situações normais, pode ser recuperada, armazenada e analisada abrindo um leque de opções para o aprimoramento dos processos de avaliação.

Entre as informações doravante disponíveis, encontra-se o processo de como uma avaliação foi realizada. Exemplo desta situação pode ser visto na realização de provas. Enquanto que em uma prova com lápis e papel tradicional a avaliação do resultado é feita através da resposta final dada pelo sujeito, usando tecnologia digital é possível conhecer o caminho que o sujeito percorreu para chegar à resposta, incluindo, mas não restrito, à ordem de resposta da questão, tempo gasto em cada questão, correções feitas em raciocínios anteriores, que podem oferecer uma outra perspectiva de avaliação do sujeito.

É de praxe, o desenvolvimento de testes onde a avaliação consiste no sujeito desenhar ou escrever utilizando lápis e papel. Desenho e escrita são formas de representar o pensamento humano, o que os torna objetos de análise, através de avaliações, por parte dos pesquisadores. Há diversos estudos na área da psicologia cognitiva que ligam a função cerebral e a capacidade de aprendizagem às características de um desenho. Em [Wechsler and Schelini 2002], existe uma associação de desenho feito por crianças com a capacidade de escrita e de aprendizagem. Naquele trabalho, para validar as hipóteses, foi realizado um estudo com crianças de diferentes países. Este estudo utilizou como base o desenho da figura humana. Em [Royall et al. 1998] é exposto um teste com idosos, onde os mesmos devem realizar desenhos de relógios e em seguida é possível analisar comportamentos em geral.

Hoje, com a crescente adoção de *tablets*, o uso de tinta digital tornou-se uma atividade de rotina. Esta tecnologia serve como um dispositivo de entrada para computadores, sendo que a informação é transmitida por meio de uma caneta eletrônica, mouse ou até mesmo o dedo. Os dados gerados pela tinta digital são armazenados em arquivos, e, posteriormente, estes dados podem ser recuperados e processados em diferentes modos, incluindo a leitura, repetição e análise.

A tinta digital tornou-se alvo de pesquisas para a evolução na realização de avaliações educacionais. No início, as avaliações baseadas em computador eram feitas apenas na forma de múltipla escolha e textos curtos. Com o surgimento do *Tablet PC*, houve a possibilidade da incorporação de testes de escrita livre, aproximando-se da realidade dos alunos e diminuindo as críticas em relação às avaliações baseadas em computadores [Siozos et al. 2009]. Este tipo de tecnologia pode aproximar mais o estudante do educador e, por sua vez, despertar o interesse na aprendizagem [Koile and Singer 2006].

O conceito de análise de tarefas já existe há alguns anos. Sua função principal é a divisão de um determinado problema em tarefas, e a análise detalhada das ações humanas em cada passo [Crystal and Ellington 2004]. Este trabalho tem a intenção de usar essa abordagem geral, com algumas adaptações. Embora a divisão de tarefas é mantida como um conceito, neste contexto, as tarefas são criadas de acordo com os problemas. Posteriormente o comportamento do sujeito será observado de acordo com as tarefas definidas. Sendo assim, o uso da tinta digital permite a análise de tarefas como parte de uma avaliação, assim fornecendo parâmetros adicionais a serem avaliados. Isto abre uma variedade de opções para a avaliação em geral, permitindo a análise, não só do resultado final, mas do processo de desenvolvimento associado.

O objetivo deste trabalho é usar a tinta digital para capturar e armazenar o caminho percorrido pelo sujeito na realização de uma tarefa, permitindo sua análise por um profissional ou de maneira automática, usando técnicas de inteligência artificial. A escolha de tinta digital é devido ao fato dela trazer um ambiente confortável, dando a sensação de utilizar um lápis e papel comum [Watt et al. 2006] o que deixa o utilizador com uma experiência familiar, durante o processo de avaliação.

Este trabalho está dividido em sete seções. A segunda seção discute alguns trabalhos relacionados. A terceira seção apresenta a tinta digital, posteriormente, na quarta seção, é discutido o uso de análise de tarefas como uma adaptação. A quinta seção apresenta uma visão geral da ferramenta e na sexta seção são explicadas as aplicações. Ao

final, na sétima seção, as conclusões e apresentação de trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos relacionados

No intuito de atingir o objetivo, foram analisados alguns trabalhos já executados. Através desta análise foram encontrados artigos sobre o uso de tinta digital como auxiliar na comunicação instantânea [Hu and Watt 2013], como substituto do papel para anotações matemáticas [Mohan and Lu 2013], entre outros. A seguir serão detalhados dois trabalhos que, de alguma forma, se aproximam do objetivo deste trabalho. Outros trabalhos também serão citados no decorrer, porém tiveram menos ênfase para as decisões atuais e possíveis decisões futuras.

O primeiro trabalho apresenta o sistema HandSpy, que foi desenvolvido para gerir experiências para o estudo dos processos cognitivos envolvidos na escrita. A ferramenta foi desenvolvida para cobrir todas as etapas do processo de experimentação, desde a definição das tarefas até a geração dos resultados. Para captura da tinta digital o HandSpy baseia-se no formato InkML. O sistema, desenvolvido na linguagem de programação JAVA, possui uma interface voltada para o tipo web e uma base de dados online [Monteiro 2011].

O HandSpy se aproxima do objetivo do trabalho em dois aspectos: O primeiro aspecto é por criar um ambiente com tinta digital para o processo cognitivo, só que neste caso envolve os aspectos da escrita. O segundo aspecto é o uso do InkML como formato para armazenar a tinta digital, justificando ser um padrão mais genérico.

O segundo trabalho relacionado à pesquisa diz respeito ao reconhecimento de expressões matemáticas como parte de um projeto. O trabalho utiliza os dados oriundos da competição de reconhecimento de expressões matemáticas manuscrita online (CROHME), os mesmos são gerados em formato InkML. A partir destes dados foram analisadas algumas técnicas para reconhecer expressões matemáticas. No decorrer do trabalho, os traços da tinta digital que eram representados por coordenadas foram transformados em pixels, ou seja, imagens, para em seguida serem reconhecidos. Ao final foi desenvolvida uma aplicação que está disponível na web [Mohan and Lu 2013].

Este segundo trabalho se aproxima do objetivo da pesquisa ao tratar do InkML como o formato padrão dos dados a serem analisados, e também por tratar de reconhecimento de padrão. Para reconhecer o caractere desenhado pelo usuário, os traços devem ser analisados de forma automática. Na presente pesquisa também, em um certo momento, haverá necessidade de reconhecimento automático do tipo de traço.

## 3. Tinta digital

Presente em vários dispositivos, como *Tablet PCs*, *smartphones* e câmeras, a tinta digital é uma tecnologia que obteve um crescimento nos últimos anos. Através de uma caneta digital, ou até mesmo o dedo, um sujeito pode realizar esboços e escritas sobre um tela sensível ao toque, sendo que as informações geradas podem ser armazenadas em alguns formatos suportados por esta tecnologia.

Algumas escolas já adotam a tinta digital como auxiliar na educação dos alunos. Nestas escolas, os estudantes possuem tablets e os mesmos podem fazer anotações em textos e até resolver problemas matemáticos utilizando a tinta digital como ferramenta [Varadarajan et al. 2008].

Dois formatos de arquivo foram desenvolvidos para representar a tinta digital: O InkML (Ink Markup Language), padrão desenvolvido pela W3C, e o ISF (Ink Serialized Format), desenvolvido pela Microsoft. Também é possível encontrar trabalhos onde a tinta digital é armazenada no formato SVG (*Scalable Vector Graphics*), como por exemplo o InkScape [Bah 2009]. A seguir serão detalhadas algumas especificações dos dois primeiros formatos.

Através de uma plataforma de serviços de tinta do Windows (WISP), desenvolvedores podem trabalhar com o formato ISF para armazenamento da tinta digital. O arquivo é dividido em *tags*, onde se encontram as informações referentes à tinta [Corporation 2007]. A figura 1 apresenta um exemplo simples de organização do arquivo ISF.

0	WISP ISF 1.0 version number
cbInkObject	Size of the stream in bytes from TAG_STROKE onward.
TAG_STROKE	Tag for the stroke
cbStroke	Size for stroke in bytes from cPoints onward
cPoints	Count of points in this stroke
X data	X coordinates (maybe compressed)
Y data	Y coordinates (maybe compressed)
TAG_STROKE	Tag for stroke object
cbStroke	Size for stroke in bytes from cPoints onward
cPoints	Count of Points in this stroke
X data	X coordinates (maybe compressed)
Y data	Y coordinates (maybe compressed)

Figura 1. Exemplo simples de ISF [Corporation 2007]

Basicamente, os dados são apresentados em conjuntos nomeados de *strokes*. Cada *stroke* é, por sua vez, apresentado como uma série de pontos definidos por uma lista dos pontos de coordenadas x, seguido pela lista de coordenadas y. A estrutura também inclui uma lista de propriedades globais da tinta.

```
<ink>
<definitions>
<traceFormat id="tf0">
<channel name="X" type="DECIMAL" max="1366" min="0" orientation="+ve" units="dev" />
<channel name="Y" type="DECIMAL" max="768" min="0" orientation="+ve" units="dev" />
</traceFormat>
<brush id="br1">
<annotationXML>
<color>Black</color>
<width>59</width>
<transparency>0</transparency>
<antialiased>True</antialiased>
<fittocurve>False</fittocurve>
<height>1</height>
<ignorePressure>False</ignorePressure>
<pentip>Ball</pentip>
</annotationXML>
</brush>
<context id="ctx2" brushRef="#br1" traceFormatRef="#tf0" />
</definitions>
<trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">30 7 ,30 8 ,30 10 ,30 11 ,30 13 ,30 14 ,30 16 ,
30 17 ,30 19 ,30 20 ,30 22 ,30 25 ,30 28 ,30 30 ,30 30 ,30 31 ,30 32 ,30 33 ,30 36 ,30 41 ,
30 43 ,30 46 ,30 47 ,30 47 ,30 48 ,31 52 ,31 57 ,31 58 ,31 61 ,31 64 ,31 68 ,32 73 ,32 78 ,
32 83 ,32 85 ,32 86 ,32 87 ,32 89 ,32 93 ,32 98 ,32 101 ,32 102 ,32 103 ,32 105 ,32 106 ,
32 110 ,32 113 ,32 115 ,32 118 ,32 119 ,32 120 ,32 122 ,32 124 ,32 125 ,32 126 ,32 126 ,
32 127 ,31 128 ,31 129 ,31 129 ,31 130 ,31 130 ,31 132 ,31 132 ,31 131 </trace>
<trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">19 19 ,20 19 ,21 19 ,22 19 ,23 19 ,24 19 ,25 19 ,
27 19 ,27 19 , 28 19 ,28 19 ,30 19 ,31 19 ,32 19 ,32 19 ,33 19 ,34 19 ,35 19 ,35 19 ,36 19 ,
37 21 ,38 21 ,38 21 ,39 21 , 39 21 ,39 22 ,41 22 ,41 22 ,42 23 ,42 23 ,44 23 ,44 24 ,45 24 ,
45 24 ,46 24 ,46 24 ,47 24 ,47 24 ,48 24 ,
49 24 ,50 24 ,51 24 </trace>
<trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">34 77 ,34 77 ,35 77 ,37 77 ,38 77 ,39 77 ,40 77 ,
40 77 ,41 77 ,42 77 ,42 77 ,43 77 ,43 77 ,44 77 ,44 77 ,45 77 ,46 77 ,46 77 ,47 77 ,47 77 ,
48 77 ,49 77 ,49 77 ,50 77 , 50 77 ,51 77 ,51 77 ,52 77 ,53 77 ,53 77 ,54 77 ,54 77 </trace>
</ink>
```

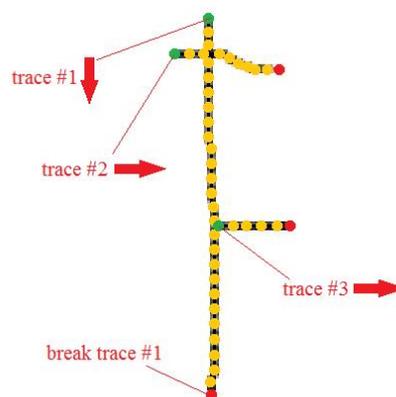
Figura 2. Exemplo de um arquivo InkML

No InkML os dados são apresentados em linguagem de marcação utilizando um conjunto de elementos primitivos inseridos dentro de uma raiz chamada `< ink >`. Os dados principais são armazenados em *tags* chamadas `< trace >`. Cada `< trace >` contém as coordenadas separadas por vírgula formando os pontos (X Y). Cada ponto (X

Y) representa a posição da caneta em relação à origem (0 0), localizada no canto superior esquerdo da tela. Os pares de coordenadas são adicionados ao traço durante um intervalo uniforme de captura e até ao ponto em que a caneta é retirada. Assim, tocar na tela com a caneta, mais uma vez adiciona uma nova *< trace >* e armazena os pontos com suas coordenadas [Watt et al. 2006]. A figura 2 mostra um exemplo de um arquivo InkML.

A *Tag < brush >* representa os atributos do desenho. É possível encontrar nesta *tag* a cor, o tipo e a largura da caneta. Em um único arquivo é possível encontrar várias *tags < brush >* e cada uma representará uma característica do traço.

A figura 3 é uma representação esquemática de uma figura simples reproduzida conectando os pontos da figura 2.



**Figura 3. Exemplo de processamento de um registro InkML.**

Uma das principais vantagens na utilização do ISF para o armazenamto da tinta digital é o suporte da Microsoft, porém seu desenvolvimento deve ser exclusivo em ambientes da Microsoft. O InkML, por ser um padrão definido pela W3C, pode suportar implementações em qualquer linguagem, seu arquivo tem ampla informação da tinta digital e é fácil de manipular. Vale ressaltar que ambos os casos são formatos de armazenamento da tinta, sendo que as propriedades da mesma (cor, tamanho da caneta, etc.) são estabelecidas por outra biblioteca.

#### **4. Análise de Tarefas**

A análise de tarefas é um método usado principalmente para investigar uma situação existente, sendo empregado para analisar os fundamentos e propósitos do que as pessoas estão fazendo [Preece et al. 2005].

Existem duas principais abordagens das técnicas da análise de tarefas: abordagem referenciada para a ação e abordagem cognitiva. A primeira representa a maioria das técnicas de análise de tarefas e prevê, no mínimo, descrições dos aspectos observados no comportamento dos operadores em níveis detalhados, juntamente com algumas indicações a respeito da estrutura da tarefa. Já a segunda abordagem tem o foco sobre os processos mentais que norteiam o comportamento observável, por exemplo, tomada de decisões e resolução de problemas [Embrey 2000].

A análise de tarefas possui várias técnicas e a maioria delas voltada para designers, como auxílio no desenvolvimento de interfaces. No contexto geral, sua função é descrever

de forma detalhada as ações dos usuários. Sendo assim, é necessário que haja ferramentas de apoio para que seja possível fazer uma avaliação coerente do comportamento do usuário diante de uma determinada situação [Crystal and Ellington 2004].

Ainda com relação à análise de tarefas, o presente trabalho faz uma adaptação do termo, mantendo a questão da divisão em tarefas, porém, neste contexto, as tarefas serão definidas de acordo com os problemas e servirão como critério para a avaliação do comportamento do sujeito. Exemplo de tarefas que podem ser definidas são: ordem de resposta de questões, correções de respostas, desenho de um quadrado, percorrer um determinado caminho, etc. Estas tarefas são definidas pelo autor da avaliação, e dependem do teste sendo realizado, e os aspectos deste teste que são relevantes para a avaliação.

Para cada tarefa, será necessário desenvolver um analisador de tarefa, que percorre o arquivo da tinta digital para identificar como a tarefa foi realizada.

Com a análise dos resultados das avaliações de tarefas, pretende-se chegar a uma abordagem cognitiva, onde é possível identificar o comportamento do sujeito e, eventualmente, processos mentais.

## 5. Ferramenta

Para a obtenção do objetivo do trabalho foi necessário o desenvolvimento de uma ferramenta para gerenciar a captura, armazenamento e reprodução de tinta digital. Esta ferramenta será apresentada a seguir.

Ao trabalhar com tinta digital, o primeiro desafio que surge é o armazenamento da mesma. Como observado por [Provensi et al. 2008], o formato ISF, desenvolvido pela Microsoft, tem restrições quanto ao seu manuseio. Sendo assim este estudo adotou InkML como formato de armazenamento.

A fim de armazenar a tinta corretamente, uma biblioteca desenvolvida pela HP, chamada InkMLLib, foi utilizada. Esta biblioteca é parte do InkML Toolkit, onde são encontrados conversores, ferramentas e plugins que trabalham com tinta digital.

O acesso a esta biblioteca, bem como o resto da aplicação do teste foi codificado na linguagem C#, que pertence à Microsoft. A programação foi feita usando o Visual Studio 2010 como IDE e o Windows forms para gerar os formulários. Este ambiente de software também exige o uso da plataforma de gerenciamento .NET Framework 4.0.

Para manipular a tinta digital, foi utilizada uma biblioteca disponível da Microsoft, chamada de ink. Com esta biblioteca, é possível implementar dois tipos de borracha: A borracha por traço ou por ponto. O primeiro apaga todo o traço que a borracha foi tocada, a segunda apaga somente a parte que houve o toque da borracha, aproximando-se da borracha física. Também é possível implementar a cor, tipo e tamanho da caneta.

Além das características básicas de tinta digital, que foram descritas anteriormente, o sistema proposto é capaz de:

- Armazenar o tempo gasto em uma determinada atividade;
- Reproduzir o documento feito durante a atividade, a partir do arquivo de forma dinâmica;
- Analisar os dados colhidos para a extração de conhecimentos;
- Avaliar a ordem de execução das atividades que foram realizadas.

É interessante notar que, durante a reprodução dinâmica das formas, ligando os pontos que o usuário percorreu, pode-se verificar onde o sujeito começou uma determinada atividade e quais decisões foram tomadas ao longo do processo.

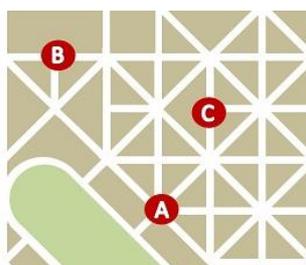
## 6. Aplicações

Para testar os benefícios da ferramenta, duas aplicações foram desenvolvidas com base em testes de avaliação tradicionais aplicados no domínio da psicologia. Ambas as aplicações utilizam tinta digital como um meio de captura de dados, salvando-a e, posteriormente, recuperando os resultados. Após a implementação, ambas as avaliações digitais foram aplicadas e seus resultados foram avaliados por profissionais e pesquisadores.

A primeira aplicação desenvolvida é um teste para analisar o pensamento computacional. Um mapa é utilizado para avaliar o raciocínio espacial, neste caso, um mapa de estradas, e o sujeito avaliado deve percorrer seguindo as instruções compostas por dois tipos de comandos: no que diz respeito o sujeito avançar um certo número de cruzamentos, e outra que indica a nova direção, definindo se deve virar à esquerda ou à direita, e qual a saída que deve tomar. Durante o teste, o sujeito traça um percurso de avanço de uma série de cruzamentos e viradas para passar por outras ruas, de um modo semelhante com as instruções do GPS. Através de tinta digital, toda a manobra que foi traçada sobre o mapa é armazenada em um arquivo.

As instruções a seguir levarão o sujeito, a partir do ponto B, chegar ao ponto A, assumindo que ele está indo para a direita, em uma linha horizontal (Observe a figura 4):

- Avance 1 interseção;
- Vire na terceira rua à direita. Avance duas interseções;
- Vire na segunda rua da direita. Avance 1 interseção.



**Figura 4. Trecho do Teste de Pensamento Computacional.**

Tarefas analisadas neste teste incluem a correta execução de cada uma das instruções de navegação. Neste caso, a análise em torno da tinta digital permite detectar se o usuário fez a instrução correta. Em caso de um erro, a correção leva em conta dois aspectos: (1) se o erro foi devido a um erro de contagem (C-Err), isto é, o sujeito contou de forma incorreta o número de interseções e/ou (2), se o erro deveu-se ao fato de tomar um caminho errado depois de virar (T-Err). Pontuação do componente do teste espacial é feito com base na execução correta das instruções (Tabela I). Além disso, a quantidade de tempo gasto e os erros são também armazenados.

No exemplo dado, o estudante A teve uma execução totalmente correta, enquanto o estudante B teve um erro de virada (na segunda instrução) e o estudante C teve dois erros de contagem (instruções um e três) e um erro de virada.

Atualmente, para verificar se o sujeito errou na execução, a ferramenta guarda os pontos que determinam a posição final correta de cada instrução com um raio de aceitação. Caso o sujeito não termine a instrução dentro do raio delimitado correto, então, em relação ao ponto central da área correta, observa-se se houve uma variação no eixo X e/ou Y, crescente ou decrescente, e em seguida a ferramenta guarda o tipo de erro. Portanto cada situação é tratada de forma individual.

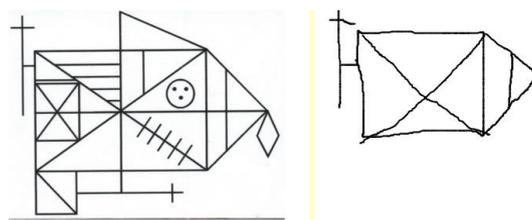
Os resultados, produzidos pelo software, são tabulados, o que permite uma análise mais aprofundada dos resultados globais do teste.

Pontuação	Instrução 1			Instrução 2			Instrução 3			Ex-Tot
	C-Err	T-Err	Exec.	C-Err	T-Err	Exec.	C-Err	T-Err	Exec.	
Estud. A	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
Estud. B	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2
Estud. C	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0

**Tabela 1. Pontuação do teste**

A segunda aplicação desenvolvida é uma automação do tradicional teste da figura complexa de Rey-Osterrieth's usado para testar percepção visual e a função da memória visual a longo prazo. Neste teste é dada uma figura complexa ao sujeito avaliado (Figura 5) e pede para copiá-la. Quando o sujeito conclui, a figura e o desenho reproduzido são retirados. Depois de três minutos, o sujeito é convidado a desenhar a figura de novo a partir da memória. A estratégia organizacional pode ser documentada pedindo para o sujeito usar lápis coloridos diferentes, enumerando a linha em uma cópia do teste, ou replicando desenho do sujeito com direcionalidade. A pontuação é baseada na precisão de reprodução de 18 elementos estruturais [Preece et al. 2005]. A avaliação cognitiva é baseada não somente sobre o reprodução final, mas também sobre a ordem em que os elementos da figura foram reproduzidos pelo sujeito avaliado, por onde começou, entre outras características. Normalmente, a aplicação deste teste requer a constante atenção do avaliador, que deve acompanhar a execução e anotar as informações relevantes. Por esta razão, quando aplicado em papel, o teste deve ser monitorado individualmente pelo aplicador [Jamus and Mader 2005].

A versão computadorizada do Teste da Figura Complexa de Rey usa tinta digital e armazena os dados realizados pelo sujeito em um disco rígido. Quando um determinado teste é reproduzido, os traços da figura são processados na ordem em que foram originalmente desenhados. Além de permitir que um teste feito por um usuário, seja reproduzido várias vezes, eles têm maior durabilidade e ainda é possível analisá-los em conjunto em busca de padrões interessantes usando técnicas de mineração de dados.



**Figura 5. Exemplo do teste da figura de Rey usando tinta digital.**

As tarefas que podem ser analisadas neste teste incluem a identificação de elementos geométricos que são parte da figura de Rey e a ordem pela qual estes elementos são introduzidos para o valor global. Tarefas de granularidade também podem ser definidas, incluindo a forma como uma determinada forma geométrica foi realizada. Tomando como exemplo o esboço da Figura 3, isso pode ser feito com um único traço, em contraste com o desenho de linhas paralelas.

Atualmente a ferramenta desenvolvida permite apenas o armazenamento e reprodução de forma dinâmica da ordem da execução do teste, além do armazenamento de informações básicas do sujeito e o tempo para a realização do teste. Através de pesquisas realizadas, nota-se que é possível o reconhecimento de padrões geométricos em tinta digital. Este trabalho pode fazer uso do método utilizado por [Mohan and Lu 2013], onde se gera imagens para reconhecer formas, ou criar uma rede neural supervisionada com as coordenadas geradas pela tinta digital, de modo que ela possa encontrar figuras geométricas.

## 7. Conclusões e trabalhos futuros

Este artigo discute o uso de tinta digital para capturar e armazenar o caminho percorrido pelo sujeito na realização de uma tarefa, permitindo sua análise por um profissional ou de maneira automática usando técnicas de inteligência artificial.

A ferramenta foi implementada utilizando InkML e foram desenvolvidas duas aplicações no campo da psicologia. Ambas as aplicações representam vantagens no uso da tinta digital. Na primeira, foi possível analisar se o utilizador realizou a instrução correta e, na segunda, foi possível reproduzir o teste e analisar a ordem de execução.

No atual estágio de desenvolvimento ela permite que um avaliador possa acessar arquivos de teste e revê-los sempre que necessário para uma análise, ao contrário do que acontece com um teste realizado com papel e lápis. Note-se no entanto, que, nesta fase, a análise dos resultados é ainda feito exclusivamente por profissional.

Em uma próxima etapa, espera-se que os estudantes do ensino superior possam realizar os testes. E, com os resultados, espera-se desenvolver mecanismos para auxiliar na análise de dados, definindo e identificando tarefas.

A complexidade dessas tarefas podem variar. No Teste da Figura Complexa de Rey, o reconhecimento de figuras geométricas apresenta um grande desafio, pois, embora o cérebro humano tem uma grande capacidade de reconhecer informações graficamente e tem mecanismos muito eficientes para reconhecer e interpretar o desenho, este não é o caso com os computadores. Isso faz uma grande diferença entre o que um indivíduo é capaz de reconhecer em uma imagem e o que se pode esperar de um sistema computacional, quando se tenta fazer este reconhecimento.

No teste de raciocínio computacional as tarefas são mais simples. Basicamente, será necessário analisar se as linhas desenhadas combinam com as linhas definidas pelas instruções. Na verdade, esta análise já está sendo feito pelo sistema.

Além disso, apesar de não existirem estudos sobre o uso de informações não-tradicionais de avaliação (tais como a ordem de resolução de questões, as correções feitas, etc), é razoável supor que a análise do comportamento do sujeito durante a execução de

uma tarefa durante a avaliação pode fornecer informações importantes sobre o assunto e seus processos mentais. A verificação desta hipótese é proposta para trabalhos futuros.

## Referências

- Bah, T. (2009). *Inkscape: Guide to a Vector Drawing Program (Digital Short Cut)*. Pearson Education.
- Corporation, M. (2007). Ink serialized format specification. Technical report, Microsoft.
- Crystal, A. and Ellington, B. (2004). Task analysis and human-computer interaction: approaches, techniques, and levels of analysis. In *AMCIS*, page 391. Citeseer.
- Embrey, D. (2000). Task analysis techniques. *Human Reliability Associates Ltd*, 1.
- Hu, R. and Watt, S. M. (2013). Inkchat: A collaboration tool for mathematics. In *Electronic Proceedings of the 2013 Workshop on Mathematical User Interface, MathUI*, volume 13.
- Jamus, D. R. and Mader, M. J. (2005). A figura complexa de rey e seu papel na avaliação neuropsicológica. *J. epilepsy clin. neurophysiol*, 11(4):193–198.
- Koile, K. and Singer, D. (2006). Improving learning in cs1 via tablet-pc-based in-class assessment. In *Proceedings of the second international workshop on Computing education research*, pages 119–126. ACM.
- Mohan, K. and Lu, C. (2013). Recognition of online handwritten mathematical expressions.
- Monteiro, C. (2011). Handspy: managing experiments on writing studies.
- Preece, J., Rogers, Y., and Sharp, H. (2005). *Design de interação*. Grupo A.
- Provensi, L. L., Costa, F. M., and Sacramento, V. (2008). Tinta digital em aplicações multimídia para ambientes móveis. In *Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, pages 49–52. ACM.
- Royall, D. R., Cordes, J. A., and Polk, M. (1998). Clox: an executive clock drawing task. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 64(5):588–594.
- Siozos, P., Palaigeorgiou, G., Triantafyllakos, G., and Despotakis, T. (2009). Computer based testing using “digital ink”: Participatory design of a tablet pc based assessment application for secondary education. *Computers & Education*, 52(4):811–819.
- Varadarajan, A., Patel, N., Maxim, B., and Grosky, W. (2008). Analyzing the efficacy of using digital ink devices in a learning environment. *Multimedia Tools and Applications*, 40(2):211–239.
- Watt, S. M., Froumentin, M., and Chee, Y.-M. (2006). Ink markup language (InkML). Last call WD, W3C. <http://www.w3.org/TR/2006/WD-InkML-20061023>.
- Wechsler, S. M. and Schelini, P. W. (2002). Validade do desenho da figura humana para avaliação cognitiva infantil. *Avaliação Psicológica*, 1(1):29–38.